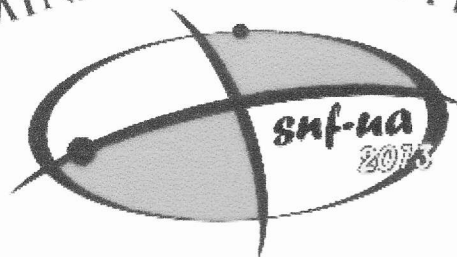


ISBN : 978-979-25-1954-9

# PROSIDING

SEMINAR NASIONAL FISIKA



PADANG, 7 OKTOBER 2013

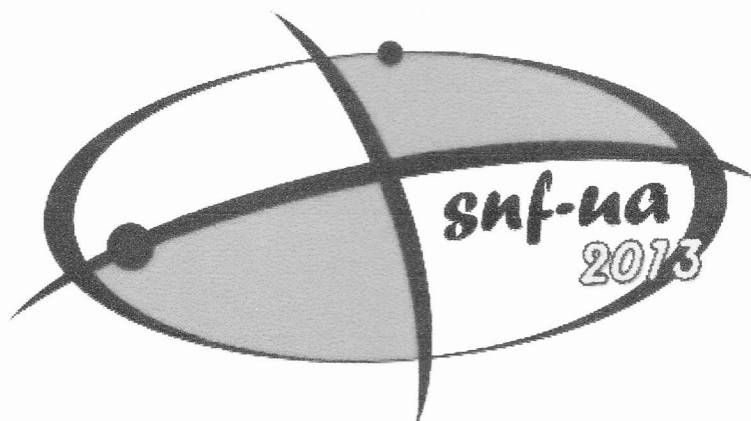
Editor :  
Ardian Putra  
Febri Melta Mahaddilla



Andalas  
Physics

# PROSIDING

Seminar Nasional Fisika  
Universitas Andalas  
(SNFUA)  
Padang, 07 Oktober 2013



ISBN 978-979-25-1954-9



PANalytical



# **PROSIDING**

**Seminar Nasional Fisika  
Universitas Andalas  
(SNFUA)**

**Padang, 07 Oktober 2013**

Prosiding  
Seminar Nasional Fisika  
Universitas Andalas (SNFUA) 2013  
Padang, 07 Oktober 2013  
2013, © Ardian Putra

ISBN 978-979-25-1954-9  
Cetakan Pertama, November 2013  
Editor : Ardian Putra, Febri Melita Mahaddilla  
Perancang Sampul : Elistia Liza Namigo

Diterbitkan Oleh:  
Jurusan Fisika  
FMIPA Universitas Andalas  
Kampus Unand Limau Manis, Padang  
Telp. (0751) 73307, Fax (0751) 73118  
Email: [jurnal.fisika@fmipa.unand.ac.id](mailto:jurnal.fisika@fmipa.unand.ac.id)  
<http://fisika.fmipa.unand.ac.id/>

Penentuan Struktur Cobalt Berdasarkan Pola Difraksi Elektron Dengan Menggunakan Software Matlab <i>Erwin, T. Emrinaldi, Defrianto, Adhy Prayitno dan Ilismini</i> .....	89
Penentuan Parameter Kisi Kristal Hexagonal Berdasarkan Pola Difraksi Sinar-X Secara Komputasi <i>Erwin, Salomo, Tang Anthoni, Adhy Prayitno dan Meli Misnawati</i> .....	97
Sensor Gas CO <sub>2</sub> , CO dan O <sub>2</sub> Sebagai Bahan Dasar Semikonduktor ZrO <sub>2</sub> Didoping Dengan ZnO <i>Fadhilatul Aufa, Elvaswer, Harmadi</i> .....	106
Pemanfaatan Batu Apung Sebagai Sumber Silika Dalam Pembuatan Zeolit Sintetis <i>Febri Melta Mahaddilla, Ardian Putra</i> .....	114
Karakterisasi Sifat Listrik Zeolit-Pani Dari Limbah Bottom Ash <i>Fifi Yonica, Afidhal Muttaqin</i> .....	122
Sistem Kontrol Penyalakan Lampu Ruang Berdasarkan Pendeteksian Ada Tidaknya Orang Di Dalam Ruang <i>Galoet Otoma, Wildian</i> .....	126
Rancang Bangun Alat Ukur Regangan Menggunakan Sensor Strain Gauge Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 Dengan Tampilan LCD <i>Hendra Saputra, Meqorry Yusfi</i> .....	133
Sintesis Lapisan Tipis TiO <sub>2</sub> dengan Metode Elektrodeposisi Menggunakan Arus Kontinu dan Arus Pulse <i>Iin Lidia Putama Mursal, Dahyunir Dahlan</i> .....	142
Pemetaan Struktur Geologi Bawah Permukaan Dan Analisa Potensi Tanah Longsor Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Geologi Melalui Pengukuran Data Gravitasi <i>Irjan dan Novi Avisena</i> .....	150
Penumbuhan Nanopartikel Platinum Dengan Metode Mediasi Pembenuhan Untuk Aplikasi Elektroda Kounter Solar Sel Fotoelektrokimia <i>Iwantono, Tengku Afrida, Rika, Erman Taer, Akrajas Ali Umar</i> .....	158
Model Kesetimbangan Radiatif Dua Lapis Untuk Memprediksi Temperatur Permukaan Bumi <i>Iwan Setiawan</i> .....	165
Perancangan Kabel Serat Optik Sebagai Sistem Sensor Tingkat Kekeruhan Air <i>Mardian Peslinof, Harmadi dan Wildian</i> .....	173
Perbandingan Pola Dan Ukuran Bulir Spekel Lapisan Tipis TiO <sub>2</sub> Dari Sumber Laser Merah (632.8 nm) Dan Laser Hijau (480 nm) Menggunakan Metoda LSI ( <i>Laser Speckle Imaging</i> ) <i>Meli Muchlian, Harmadi, Neneng Fitrya dan Mardian Peslinof</i> .....	179

## MODEL KESETIMBANGAN RADIATIF DUA LAPIS UNTUK MEMPREDIKSI TEMPERATUR PERMUKAAN BUMI

Iwan Setiawan

*Prodi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Bengkulu*

*iwaphysics@gmail.com*

### ABSTRAK

Model interaksi termal dua lapis berdasarkan pada kondisi kesetimbangan radiatif antara permukaan bumi dan atmosfer, digunakan untuk menentukan perilaku iklim secara global. Dalam model ini banyak parameter yang terlibat dengan ketergantungan antar parameter satu sama lain, sehingga model ini menjadi sangat kompleks. Analisis dilakukan secara numerik untuk mendapatkan solusi numerik. Algoritma dibuat dengan menggunakan Metode Iteratif Secant. Model ini menggambarkan pemanasan global, mekanisme efek rumah kaca yang ditunjukkan oleh peningkatan temperatur permukaan bumi, serta peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub>. Perhitungan dalam model ini berkesesuaian dengan data hasil observasi iklim global, dengan temperatur permukaan bumi 288 K, serta temperatur atmosfer 25,3 K.

**Kata Kunci :** Kesetimbangan radiatif, Solusi numerik, Iklim Global

### PENDAHULUAN

#### Model 2-Lapisan : Permukaan dan Atmosfer Bumi

Perbedaan suhu permukaan matahari dan bumi sebagaimana dihasilkan oleh model 1-lapis permukaan, sesuai dengan Hukum Pergeseran Wien, membedakan radiasi yang dipancarkan oleh masing-masing permukaan. Matahari, dengan suhu 6000 K, memancarkan radiasi gelombang pendek dengan panjang gelombang utama disekitar daerah ultraungu, sedang bumi, dengan suhu permukaan  $\approx 255$  K, memancarkan radiasi gelombang panjang dengan panjang gelombang utama di daerah sekitar inframerah.

Atmosfer bumi, yang sebagian diantaranya terdiri atas gas-gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O memiliki sifat seperti layaknya gas rumah kaca. Sebagaimana terlihat pada Gambar 2, gabungan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O praktis meneruskan seluruh radiasi gelombang pendek dan mengabsorpsi hampir seluruh radiasi gelombang panjang.

Jika transfer radiasi yang melibatkan lapisan atmosfer dan permukaan bumi dapat digambarkan seperti Gambar 3, maka persamaan yang menyatakan kesetimbangan energi dapat dituliskan sebagai

$$(1 - \alpha)S_0 + Q_a = Q_s \quad (1a)$$

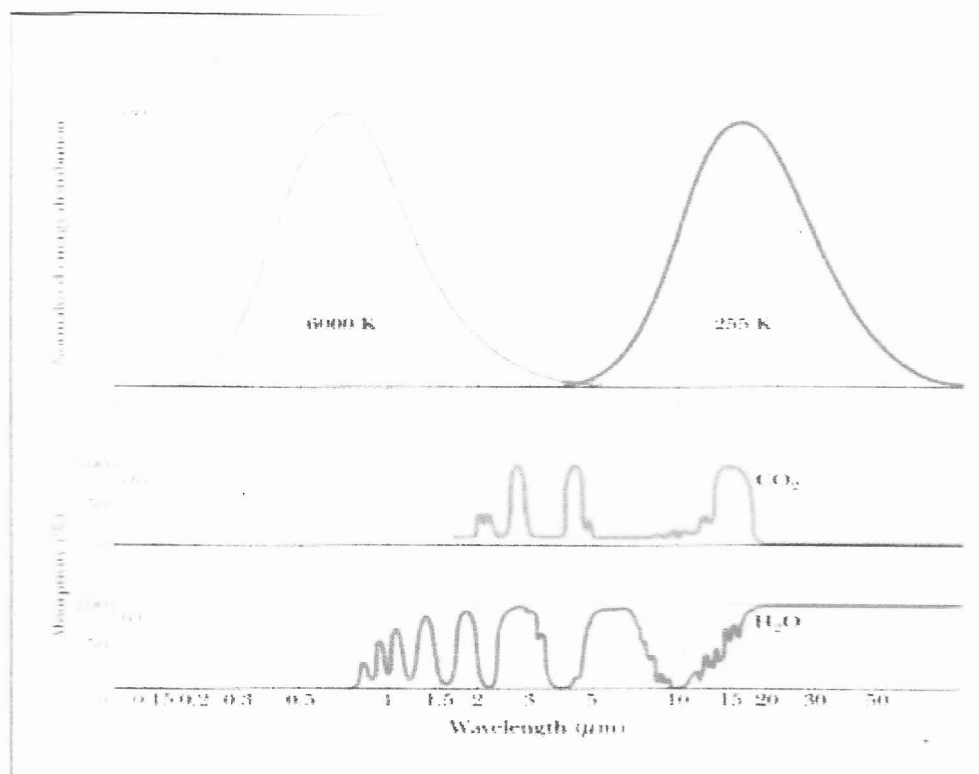
dan

$$(1 - t)Q_s = 2Q_a \quad (1b)$$

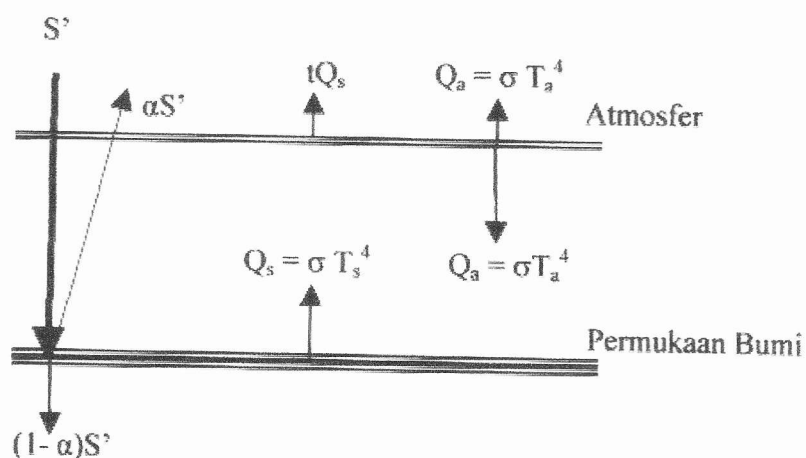
yang masing-masing berlaku untuk lapisan-1 (permukaan bumi) dan lapisan-2 (atmosfer).

$$Q_a = \sigma T_a^4 \quad (2)$$

adalah radiasi termal dari lapisan atmosfer. Konstanta  $t$  diatas menyatakan nilai *koefisien transmisi* lapisan atmosfer.



Gambar 1. Absorbsivitas gas H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub> masing-masing untuk radiasi gelombang pendek dan radiasi gelombang panjang (Levi, 1993)



Gambar 2. Model 2-lapis permukaan

### Distribusi Energi dan Suhu

Dengan menggunakan persamaan (1a) dan (1b) akan diperoleh distribusi energi radiasi yang dipancarkan masing-masing oleh permukaan bumi dan lapisan atmosfer diatas sebagai

$$Q_s = [2/(1 + t)](1 - \alpha)S_0 \quad (3a)$$

dan

$$Q_a = [(1-t)/(1+t)](1-\alpha)S_0 \quad (3b)$$

serta distribusi suhu untuk kedua lapisan tersebut, masing-masing

$$T_s = [2(1-\alpha)S_0/(1+t)\sigma]^1/4 \quad (4a)$$

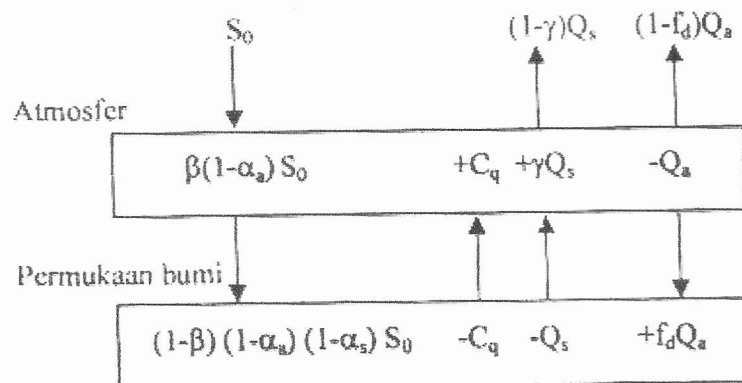
dan

$$T_a = [(1-t)/2]^1/4 T_s = [(1-t)(1-\alpha)S_0/(1+t)\sigma]^1/4 \quad (4b)$$

Perhatikan bahwa persamaan (3a) akan sama dengan perumusan  $Q_s = S' = \sigma T_s^4$  jika  $t = 1$ , yang dalam hal ini berarti seluruh radiasi termal bumi diabsorpsi oleh lapisan atmosfer. Ini adalah kasus untuk model 1-lapis permukaan. Jika  $t = 0$ , yaitu keadaan seluruh radiasi termal bumi diabsorpsi oleh lapisan atmosfer, maka dengan menganggap  $\sigma = 0,3$ , akan diperoleh suhu permukaan bumi sebesar 303 K ( $30^\circ\text{C}$ ). Nilai ini mencerminkan nilai suhu maksimum permukaan bumi yang dapat diprediksi oleh model interaksi radiasi 2-lapis permukaan. Sementara itu, persamaan (4a) masih memberi peluang untuk menjelaskan tentang suhu "real" permukaan bumi, 288 K yang akan diperoleh jika dipilih  $t = 0,22$  atau koefisien absorpsi sebesar 78 % (Lutgens & Tarbuck, 1992)

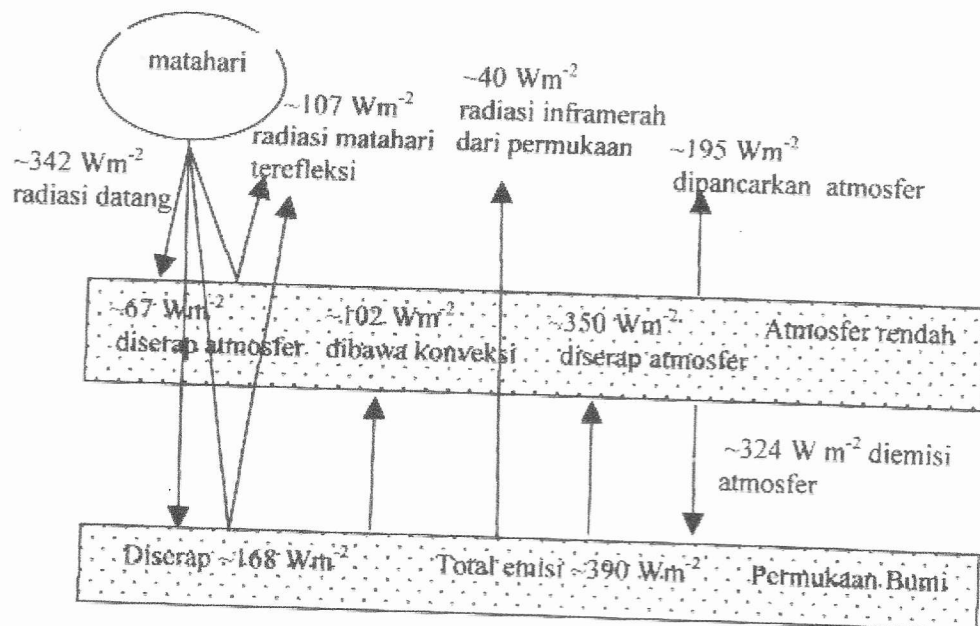
### Model Kiehl-Trenberth

Gambar 4 menunjukkan model sederhana dari aliran energi Kiehl-Trenberth yang diperoleh dari skema budget energi sistem atmosfer-permukaan bumi, seperti yang diperlihatkan pada pada gambar 5



Gambar 4. Skema keseimbangan energi model radiatif 2-lapis Kiehl-Trenberth.  
(Sumber : Barker & Ross, 1999).





Gambar 5. Diagram blok budget energi system atmosfer-bumi  
(Barker & Ross, 1999)

Dari gambar 2.5 dapat dituliskan persamaan diferensial untuk laju perubahan energi dalam 2-lapisan

Atmosfer

$$\frac{dE_a}{dt} = \beta (1 - \alpha_a) S' + C_q + \gamma \sigma T_s^4 - 2\sigma T_a^4 \quad (5a)$$

Permukaan bumi

$$\frac{dE_s}{dt} = (1 - \beta) (1 - \alpha_a) (1 - \alpha_s) S' - C_q - \sigma T_s^4 + 2 f_d \sigma T_a^4 \quad (5b)$$

Model ini mengungkap parameter yang lebih lengkap dengan hubungan empirik antar parameter yang lebih kompleks. Nilai-nilai parameter seperti pada persamaan (5a) dan (5b) juga ditentukan dari parameter-parameter dasarnya. Parameter  $f_d$  menggambarkan fraksi emisi gelombang panjang dari atmosfer yang berarah ke permukaan bumi.

Albedo planet (*planetary albedo*) adalah reflektansi rata-rata dari radiasi gelombang pendek. Perhitungan dan model terbanyak memberikan nilai albedo 0,3. Untuk lebih menyederhanakan perhitungan, diasumsikan bahwa semua awan memiliki albedo yang sama  $\alpha_c$  dan setiap udara jernih memiliki albedo udara jernih  $\alpha_{a0}$ , sehingga diperoleh albedo atmosfer rata-rata (Barker & Ross, 1999) :

$$\alpha_a = f_c \alpha_c + (1 - f_c) \alpha_{a0} \quad (6)$$

Dengan  $f_c$  adalah fraksi lingkup awan dan untuk atmosfer saat ini diasumsikan  $f_c \approx 0,62$ . Albedo permukaan dianggap bernilai  $\alpha_r = 0,1$ . Energi budget rata-rata global tahunan serta data tambahan berdasarkan asumsi dan estimasi yang rasional terangkum dalam tabel 1.

Atmosfer juga menyerap radiasi gelombang pendek dari matahari langsung, yang secara empirik dapat dirumuskan sebagai (Barker, 1999)

$$\beta = 0,21(1 - f_c) + 0,28f_c \quad (7)$$

Dari energi gelombang panjang yang diradiasikan oleh atmosfer, hanya fraksi  $f_d$  yang mencapai permukaan bumi, adapun nilai  $f_d = 0,6$  (Tabel 1) diatur dalam model untuk memperoleh  $ST_s = 288$  K, merupakan perkiraan yang rasional dikaitkan dengan nilai radiasi terkait sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.

Pada model ini, kita menggunakan sebuah metode perkiraan "*equivalent widths*" untuk memperoleh nilai transmitansi atmosfer untuk variabel-variabel gas rumah kaca  $CO_2$ ,  $H_2O$  dan  $O_3$  (Barker & Ross, 1999). Penyesuaian hasil pengukuran menghasilkan hubungan empirik untuk absorpsi gelombang panjang oleh atmosfer

$$\gamma \approx \left\{ 1 - \exp \left[ -0,082 - (2,38P_{H_2O}H_{H_2O}R_H + 40,3f_{CO_2})^{0,294} \right] \right\} \quad (8)$$

dengan  $f_{CO_2}$  adalah rasio pencampuran karbondioksida (sebagai contoh,  $f_{CO_2} = 3,5 \times 10^{-4}$  menunjukkan 350 ppmv),  $R_H$  adalah kelembaban relatif (dianggap mencapai 80 %) dan  $P_{H_2O}$  adalah tekanan uap air jenuh (dalam bar)

$$P_{H_2O} = 1,76 \times 10^6 \exp(-5318T/T_s) \text{ bar} \quad (9)$$

dimana parameter  $H_{H_2O}$  adalah tinggi skala uap air dalam km (diasumsikan sama dengan 2)

Bentuk formula empirik untuk albedo permukaan dinyatakan sebagai :

$$\alpha_s = \alpha_i + (\alpha_r - \alpha_i) \frac{1}{2} \left[ 1 - \tanh \left\{ - \left( \frac{250 - T_s}{20} \right) \right\} \right] \quad (10)$$

Fraksi lingkup awan  $f_c$  dan fluks panas konvektif  $C_q$  dinyatakan secara empirik sebagai

$$f_c = 0,5 \left\{ 1 - \tanh \left\{ -0,245 + \left[ 1 - \frac{P_{H_2O}}{P_{H_2O}^0} \right]^s \right\} \right\} \quad (11)$$

dan

$$C_q = C_{q0} \left[ \frac{T_s}{T_{s0}} \right]^t \quad (12)$$

Dengan  $T_{s0} = 288$  K adalah suhu referensi permukaan bumi,  $P_{H_2O}^0$  adalah tekanan uap air jenuh pada  $T_{s0}$  dan  $C_{q0}$  adalah fluks panas konvektif ( $102 \text{ Wm}^{-2}$  pada  $T_{s0}$  (Barker & Ross, 1999). Sebagaimana tertera pada persamaan 11 dan 12,  $s$  dan  $t$  adalah parameter-parameter yang dipilih masing-masing untuk mendapatkan nilai  $f_c$  dan  $C_q$  yang sesuai dengan observasi maupun untuk memperoleh sensitivitas iklim yang paling sesuai dengan kenyataan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan komputasional pada model Kiehl dan Trenberth dilakukan untuk mendapatkan solusi numerik dari persamaan differensial (5a) dan (5b). Di dalam implementasinya akan digunakan metode iteratif secant (*Secant Iterative Method*) (Barker & Ross, 1999; King, 1984). Berkait dengan variabel/parameter yang terlihat didalam model akan digunakan data hasil pengukuran energi budget rata-rata global tahunan (Kiehl dan Trenberth, 1997), serta data tambahan berdasarkan asumsi dan estimasi yang rasional dari Barker dan Ross (1999).

Dari persamaan (5) diatas, pada kondisi setimbang, akan diperoleh  $f(T_s)$  yang dapat dinyatakan sebagai

$$f(T_s) = \beta (1 - \alpha_a) (1 - \alpha_s + f_d \alpha_s) S' + (2f_d - 1) C_q + (\gamma f_d + f_d - 1) \sigma T_s^4 \quad (12)$$

Untuk memperoleh nilai  $T_s$  dari persamaan (12), dengan menggunakan Metode Iteratif Secant adalah sebagai berikut : dari dua buah titik initial,  $T_{si}$  dan  $T_{si+1}$  dapat ditentukan, yaitu ketika garis secant, yang menghubungkan  $T_{si}$ ,  $f(T_{si})$  dan  $(T_{si+1})$ ,  $f(T_{si+1})$  memotong sumbu  $T_s$  dan dapat dinyatakan sebagai

$$T_{si+2} = T_{si+1} - \frac{T_{si+1} - T_{si}}{f(T_{si+1}) - f(T_{si})} f(T_{si+1})$$

Iterasi dimulai dengan memilih  $T_{start}$  sebagai suatu estimasi untuk suhu permukaan. Dan nilai  $T_{start}$  yang dipilih adalah dalam range 0-350 K dengan interval 10 K, dengan variasi konsentrasi  $f_{CO_2}$  dari 0-750 ppmv dengan interval 50 ppmv

Tabel 1. Nilai Parameter Dasar Model Kiehl-Trenberth.

Variabel/parameter	Simbol	Nilai	Keterangan/rujukan
Albedo udara jernih	$\alpha_{a0}$	0.05	estimasi
Albedo awan	$\alpha_c$	0.40	estimasi
Albedo es salju	$\alpha_i$	0.70	estimasi
Albedo tanah	$\alpha_r$	0.10	estimasi
Kelembaban relatif	$R_{H_2O}$	0.8	Asumsi
Tinggi skala $H_2O$	$H_{H_2O}$	2 km	Asumsi
Fraksi emisi ke bawah	$f_d$	0.69	Penyesuaian
Intensitas matahari	$S_0$	$342 \text{ Wm}^{-2}$	Kiehl & Trenberth, 97
Fluks panas pada $T_{s0}$	$C_{q0}$	$102 \text{ Wm}^{-2}$	Kiehl & Trenberth, 97
Suhu permukaan (ref)	$T_{s0}$	288.0 K	Kiehl & Trenberth, 97
Suhu atmosfer (ref)	$T_{a0}$	253.8 K	-

(Sumber : Barker & Ross, 1999).

Tabel 2. Keterangan simbol dan parameter yang digunakan

simbol	parameter	simbol	parameter
$f_c$	Fraksi lingkup awan	$\alpha_{a0}$	Albedo udara jernih
$\beta$	Absorpsi gel. pendek atmosfer	$\alpha_c$	Albedo awan
$\alpha_a$	Albedo atmosfer	$\alpha_i$	Albedo es/salju
$\alpha_s$	Albedo permukaan bumi	$\alpha_r$	Albedo tanah gundul
$p_{H_2O}$	Tekanan uap air jenuh	$R_H$	Kelembaban relatif
$\gamma$	Absorpsi gel. panjang atmosfer	$H_{H_2O}$	Skala ketinggian $H_2O$
$C_q$	Fluks panas konvektif	$f_d$	Fraksi emisi ke bawah
$Q_s$	Emisi permukaan bumi	$S'$	Emisi matahari
$T_a$	Suhu atmosfer	$C_q^o$	Parameter fluks panas
$T_s$	Suhu permukaan bumi	$T_{s0}$	Suhu permukaan bumi (ref)
$f_{CO_2}$	Fraksi $CO_2$ di atmosfer	$T_{a0}$	Suhu atmosfer (ref)
$s$	Feedback awan	$P_{H_2O}^o$	Parameter tekanan uap jenuh
$t$	Feedback fluks panas		

Model kesetimbangan radiatif 2-lapis Kiehl & Trenberth memberikan gambaran sistem iklim global yang lebih kompleks, rinci, jelas dan kuantitatif. Model ini menggunakan formula dan nilai-nilai parameter dasar seperti pada Tabel 2, memberikan kesesuaian dengan hasil observasi terhadap kondisi iklim saat ini, antara lain pada suhu permukaan bumi, suhu atmosfer dan albedo planet bumi. Sebagaimana diperkirakan dari metode numerik yang digunakan, solusi yang menyatakan kondisi kesetimbangan sistem sangat ditentukan oleh penentuan  $T_{start}$ . Hasil perhitungan dengan mengambil interval suhu 10 K menyimpulkan bahwa pada  $T_{start} = 270-350$  K diperoleh kondisi iklim global yang stabil sebagaimana yang dicapai saat ini.

Tabel 3 . Hubungan antara fraksi  $CO_2$  ( $f_{CO_2}$ ) dengan suhu permukaan ( $T_s$ ) dan suhu atmosfer ( $T_a$ ), untuk  $T_{start} = 270 - 350$  K.

$f_{CO_2}$ (ppmv)	$T_s$		$T_a$		$T_s - T_a$
	(K)	(°C)	(K)	(°C)	
0	284.24	11.24	247.86	-25.14	36.38
50	284.89	11.89	248.87	-24.13	36.02
100	285.48	12.48	249.81	-23.19	35.67
150	286.05	13.05	250.70	-22.30	35.35
200	286.58	13.58	251.54	-21.46	35.04
250	287.08	14.08	252.33	-20.67	34.75
278	287.35	14.35	252.76	-20.24	34.59
300	287.55	14.55	253.08	-19.92	34.47
350	288.00	15.00	253.79	-19.21	34.21
356	288.05	15.05	253.88	-19.12	34.17
400	288.42	15.42	254.47	-18.53	33.96
450	288.82	15.82	255.10	-17.90	33.72
500	289.20	16.20	255.70	-17.30	33.50
550	289.55	16.55	256.26	-16.74	33.29
600	289.89	16.89	256.78	-16.22	33.10
650	290.20	17.20	257.28	-15.72	32.92
700	290.49	17.49	257.74	-15.26	32.75
750	290.77	17.77	258.17	-14.83	32.60

Dari Tabel 3, didapatkan bahwa pada  $T_{\text{start}} = 270\text{-}350\text{ K}$  hubungan antara  $f_{\text{CO}_2}$  terhadap  $T_s$  dan  $T_a$  adalah : meningkatnya  $f_{\text{CO}_2}$  maka suhu permukaan bumi ( $T_s$ ) dan atmosfer ( $T_a$ ) juga meningkat, dan juga didapatkan bahwa semakin meningkat  $f_{\text{CO}_2}$  semakin kecil perbedaan suhu antara permukaan dan atmosfer bumi.

## KESIMPULAN DAN SARAN

1. Model kesetimbangan radiatif 2-lapis memberikan kesesuaian dengan hasil observasi kondisi iklim saat ini, yaitu suhu permukaan bumi  $T_s = 288\text{ K}$  dan suhu atmosfer  $T_a = 253,8\text{ K}$
2. Untuk  $T_{\text{start}} = 270\text{-}350\text{ K}$ , diperoleh hubungan semakin tinggi  $f_{\text{CO}_2}$  maka akan semakin tinggi nilai  $T_s$  dan  $T_a$ . Hal ini berkesesuaian dengan teori efek rumah kaca dan pemanasan global
3. Pengembangan ke model N-lapis, yang dalam hal ini memungkinkan untuk membahas pengaruh ketinggian atmosfer terhadap  $T_a$  dapat dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arsali & Johan, A. 2002. Prediksi Suhu Atmosfer Bumi Berdasarkan Model Transfer Radiasi Termal 1-Dimensi. Laporan Hasil Penelitian PPD-PMU HEDS. Inderalaya.
- Ayyub, B.M & McCuen, R.H. 1996. Numerical Method for Engineers, <http://www.sciencemag.org>
- Barker, J.R & Ross, M.H. 1999. An Introduction to Global Warming. Am.J. Phys. 67 : 1216.
- Barker, J.R 1999. Toy Climate Model. <http://physicc.Isa.umich.edu>
- Boeker, E & Grondale, R. 1995. Environmental Physics. Jhon Wiley & Sons. Singapore
- Kiehl, J.T & Trenberth, K.E. 1997. Earth's Annual Global Mean Energy Budget. Dalam Barker, J.R & Ross, M.H. 1999. An Introduction to Global Warming. Am.J. Phys. 67 : 1216.
- King, J.T. 1984. Introduction to Numerical Computation. McGraw-Hill. Inc USA
- Kittel, C & Kroemer, H. 1980. Thermal Physic. 2nd edition. Jhon Wiley & Sons. Singapore
- Levi, B. 1993. Are Manufactured Emissions of CO2 Warming Our Climate? Dalam : Halliday, Resnick R & Walker J. Fundamental of Physics. 4th edition. Jhon Wiley & Sons. Singapore
- Lutgens, F.K & Tarbuck, E.J. 1992. The Atmosphere. 5th edition. Prentice Hall. Engelwood Cliffs. New Jersey
- 

## Pertanyaan 1.

- Nama Penanya : Rika Desrina
- Instansi : Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas
- Pertanyaan : Adakah perbedaan real nya dipermukaan bumi dari parameter data in?
- Jawaban : Karena parameter ini jika diperhitungkan secara matematis banyak dan sulit diperhitungkan, maka dibuat untuk mempermudah perhitungannya. Untuk siang dan malam belum menjadi konsep dalam makalah ini.